

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Konetekniikan koulutusohjelma

Lauri Väisänen
Petteri Korhonen

MITTAVÄLINEKALIBROINNIN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö
Tammikuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
TAMMIKUU 2018
Konetekniikan koulutus-
ohjelma
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
P. (013) 260 6800

Tekijät
Lauri Väisänen
Petteri Korhonen

Nimeke
Mittavälinekalibroinnin kehittäminen

Toimeksiantaja
Piilotettu

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää yritykseen mittalaitteiden kalibrointijärjestelmää. Opinnäytetyössä tehtiin täydellinen kartoitus yrityksessä olevista mittalaitteista, jonka pohjalta järjestelmää kehitettiin parempaan suuntaan.

Opinnäytetyössä käytiin läpi kaikki mittalaitteiden kalibrointiin liittyvät tekijät. Työ painottuu osittain myös mittausten jäljitettävyyteen. Mittalaitteet joihin opinnäytetyö viittasi, olivat kaikki tehtaassa käytössä olevat käsimittalaitteet. Opinnäytetyön alueeseen eivät kuuluneet mittavälineet, joiden kalibrointiin vaaditaan ulkoista kalibrointia/osaamista. Opinnäytetyössä punnittiin myös vaihtoehtoa ulkoiselle kalibroinnille.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella mahdollisimman tehokas ja pieni kustanteinen kalibrointijärjestelmä kaikille käsimittalaitteille, joita käytetään tehtaassa. Opinnäytetyön puitteissa ei uutta kalibrointijärjestelmää tuotu käyttöön yrityksessä.

Kieli
Suomi

Sivuja
39

Asiasanat

kalibrointi, mittausjärjestelmä, mittausjärjestelmän kehittäminen



THESIS
JANUARY 2018
Degree Programme in Mechanical Engineering
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
P. (013) 260 6800

Authors
Lauri Väisänen
Petteri Korhonen

Title
Development of measuring instrument calibration system
Commissioned by
Hidden

The purpose of this thesis was to improve company's current calibration system for measuring tools. Full survey for existing measuring tools, were made, and improvements were made by the results of this survey. Name of the company is hidden in this thesis because of confidentiality.

All existing factors in measuring tool calibration process were remarked. The thesis is also being emphasized to traceability of measuring. The measuring tools this thesis mentions are all hand used measuring tools. Measuring tools, which are calibrated by outside company or require specific training were not included in thesis. Deliberation for using professional calibration company is taken in considering in the thesis.

Objective for the thesis was to create as efficient and low budget calibration system as possible for hand used measuring tools. Our goal was not to make these changes in practise.

Language
Finnish

Pages
39

Keywords

calibration, system of measurement, development on calibration system

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Toimeksiantaja	5
1.2	Kalibrointi yrityksessä.....	5
2	Kalibrointi	6
2.1	Kalibroinnin merkitys ja mittausepävarmuus.....	6
2.2	Mittalaitteen kalibrointi	10
2.3	Dokumentointi	14
2.4	Jäljitettävyys	15
2.5	Kalibrointiketju	15
3	ISO 9001-standardi	17
3.1	Kalibrointi	17
3.2	Pätevyys.....	17
3.3	Laatupolitiikka.....	18
3.4	Vastuu ja valtuudet	18
3.5	Laadunhallintajärjestelmä.....	18
3.6	Suorituskyky	19
3.7	Johdonkatselmus	19
3.8	Dokumentointi	20
3.9	Resurssit	21
4	Kalibrointitilat	21
5	Ohjeistus.....	25
6	Kehitystyö	26
6.1	Johdanto kehitystyöhön	26
6.2	Alkukartoitus ja lähtötilanne kalibrointijärjestelmässä	28
6.3	Kehitetty kalibrointijärjestelmä	29
6.4	Mittausten jäljitettävyys	31
6.5	Ohjeistus uuden kalibrointijärjestelmän ylläpitämiseksi.....	32
6.51	Mittalaitteiden sijainti	32
6.52	Mittalaitteen katoaminen tai rikkoontuminen	34
6.53	Käytettävät mittalaitteet	35
6.54	Mittalaitteiden kalibrointi	35
7	Yhteenveto	36
8	Pohdinta	38
9	Lähteet.....	39

1 Johdanto

1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön aiheena on tehdä mittalaitteiden kalibrointiin liittyvä tutkimus yritykselle. Yritys johon opinnäytetyö tehdään, on suomalainen perheyritys. Yritys on erikoistunut mm. muovin ruiskuvaluun, tarkkuusruiskuvaluun ja meistämiseen. Suurimmat asiakkaat yritykselle ovat telekommunikaatio-, elektroniikka-, lääke-, ajoneuvo- ja rakennusteollisuus yritykset.

1.2 Kalibrointi yrityksessä

Opinnäytetyössä selvitetään keinoja yrityksen käsimittalaitteiden kalibrointijärjestelmän kehittämiseen. Yrityksessä on noin 120 työntekijää, jotka käyttävät työpäivän aikana useita eri mittalaitteita. Tuotannonlaadun kannalta on tärkeää, että mittalaitteet ovat asianmukaisesti kalibroitu ja mittaustulokset ovat luotettavia. Suurin osa kalibroinnista suoritetaan yrityksen sisällä. Ongelmana on mittalaitteiden suuri määrä suhteessa työntekijöihin, sekä mittalaitteiden hajautunut sijainti yrityksessä, joka aiheuttaa resurssiongelmia kalibrointiin ja dokumentointiin käytettävän ajan suhteen. Tavoitteena on selvittää kalibrointeja suorittamalla siihen kuluva aika, jonka avulla selvitetään yritykselle tehokkain ja taloudellisin tapa kalibroinnin jaksottamiseen. Työhön kuuluu myös tutkia mittalaitteiden sijoittamista tuotantotiloissa.

2 Kalibrointi

2.1 Kalibroinnin merkitys ja mittausepävarmuus

Tarkoituksena kalibroinnilla on vähentää yrityksen kustannuksia ja parantaa tuotteiden laatua, joka vaikuttaa tuotteiden markkinointiin positiivisesti. Mahdollisimman huolellisella kalibroinnilla saavutetaan pieni mittausepävarmuus. Mittausepävarmuudella voidaan arvioida tosimitta saadusta mittaustuloksesta. Koska mittaustuloksia ilmoitettaessa mittausvirhettä ei tiedetä, joudutaan käyttämään mittausepävarmuutta sillä mittaustulos ei ole ikinä oikein. Se kuinka suuri mittausepävarmuus on, vaikuttaa moneen asiaan. Tilannekohtaisen mittausepävarmuuden tietäminen on kuitenkin tärkeintä mittauksessa. Mittausepävarmuus tulee tuntea, jotta tuotteita ei hylätä täysin ”arpapelillä”. Valmistusprosessia ei voida koskaan säätää tarkemmin, kuin mitä voidaan mitata. [1, s.56]

Esimerkkinä sorvattu akseli, jossa tarkastellaan sen ympyrämäisyyttä. Ympyrämäisyys on yleensä mikrometrin luokkaa, mutta ilman ympyrämäisyyden mittauskonetta tuotannosta ei voida lajitella niitä tuotteita joiden ympyrämäisyys on alle tai yli yhden mikrometrin. Jos mittausepävarmuutta ei tunneta, saatetaan joutua tilanteeseen, jossa koneeseen tehdään säätöjä jokaisen mittauksen jälkeen. Tämän seurauksena tuotteet eivät ole enää tasalaatuisia.

Mittausepävarmuuden monitahoisuus tekee laskemisen, arvioinnin ja ilmoittamisen vaikeaksi. Mittausepävarmuus riippuu:

- Mittalaitteesta
- Mittauskohteesta
- Mittaajasta
- Mittausolosuhteista ja käytetystä menettelystä

Mittausepävarmuus voidaan kohdistaa mittalaitteyksilöön, tiettyyn mittauskohteeseen ja mittajaan, hyvin määriteltyihin olosuhteisiin ja kirjalliseen yksityiskohtaiseen menettelyohjeeseen. Tyypillisimmät virheitä aiheuttavat tekijät ovat lämpötilan muutokset, erilaiset voimat (tärinät, magneettisuus jne.), sekä asento- ja suuntavirheet. Edellä mainitut virhelähteet esiintyvät lähes kaikissa mittauksissa. [1, s.56]

Oletettu lämpötila mittauksen ilmoituksessa on +20 C astetta. Mittauskohteen ollessa tasan + 20 C:n lämpötilassa, ei lämpöpitenemiskerrointa tarvitse ottaa huomioon. Mittauksessa tulisi kuitenkin selvittää erot mittauskohteen, mittalaitteen ja ”nollausnormaalin” lämpöpitenemiskertoimissa. Mittaajan tulisi myös ottaa huomioon mitattavan kappaleen ja mittalaitteiden materiaalit ja täten huomioida materiaalikohtaiset lämpöpitenemiskertoimet. Esimerkiksi tavanomaisissa konepajaolosuhteissa virheiden suuruus mittauksissa lämpötila erojen takia on keskimäärin ± 0.02 mm/m. Normaalisti lämpötilasta aiheutuvat muutokset johtuvat käsistä kappaleeseen siirtyvästä lämmöstä, kohdevalaisimien tuottamasta lämmöstä ja kappaleeseen syntyneestä lämmöstä työstövaiheessa. Tämän takia kappaleiden lämpötilan tulisi antaa tasaantua mahdollisimman tarkkaa mittaustulosta varten. [1, s.57]

Alla on yksinkertaistetut ohjeet epävarmuuden määrittämistä varten.

- Laaditaan matemaattinen kaava, joka kuvaa mitattavan suureen Y riippuvuudet tulosuureista X.
- Tunnistetaan systemaattiset virheet ja tehdään korjaukset.
- Lasketaan standardiepävarmuus u , (x) toistetuista mittauksista (tyypin A arvio).
- Tehdään muille arvon tyypin B epävarmuusarvio ja kiinnitetään huomiota arvон todennäköisyysjakaumaan, kun lasketaan vastaavan standardin epävarmuus.
- Lasketaan jokaista tulosuuretta X, vastaava herkkyyskerroin c , ja vastaava u , (y). Summataan epävarmuustekijöiden u , (y) neliöt. Summan neliöjuuri antaa sen jälkeen standardiepävarmuuden.
- Jätetään pois mittausepävarmuuskomponentit, joiden vaikutus mittausepävarmuuteen on selkeästi merkityksetön.
- Lasketaan laajennettu epävarmuus kertomalla standardivarmuus.

- Raportoidaan mittaustulos ja vastaava laajennettu epävarmuus $\pm U$, sekä kattavuuskerroin k .

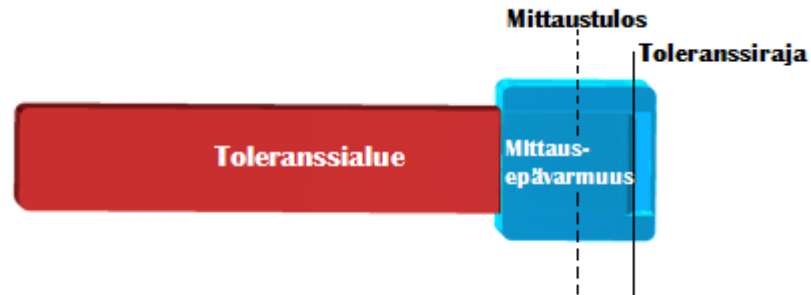
Lähde	Muoto	Jakauma	Kerroin
Toistettu mittaus $n \geq 10$	Keskiarvoton hajonta	Normaali	1
Toistettu mittaus $n \geq 10$	keskihajonta	Normaali	$1/\sqrt{n}$
Toistettu mittaus	(maksimi-mini)/2	Tasajakauma	$1/\sqrt{3}$
Aikaisemmat mittaukset	Keskihajonta	Normaali	1
Kalibrointitodistus	Laajennettu standardiepävarmuus	Normaali	$1/k$
Valmistajan datalehdet tai muu lähde	\pm maksimivirhe tai (yläraja-alaraja)/2	Tasa	$1/\sqrt{3}$
	(yläraja-alaraja)/2	Kolmio	$1/\sqrt{6}$
	(yläraja-alaraja)/2	U (sinijakauma)	$1/(2\sqrt{3})$
	\pm Epävarmuus	Toispuoleinen	Tapauskoht.

Taulukko 1.

Taulukossa 1. ilmaistaan erilaisten lähtöarvojen käsittely epävarmuuslaskennassa. Kun epävarmuus kerrotaan taulukon kertoimella, saadaan vastaava standardiepävarmuus. Taulukossa ”n” tarkoittaa mittausten lukumäärä ja ”k” vastaavasti kattavuuskerrointa. [1, s.68]



Kuva 1. Mittausepävarmuus huomioituna kappaleen mitta on toleranssialueella.

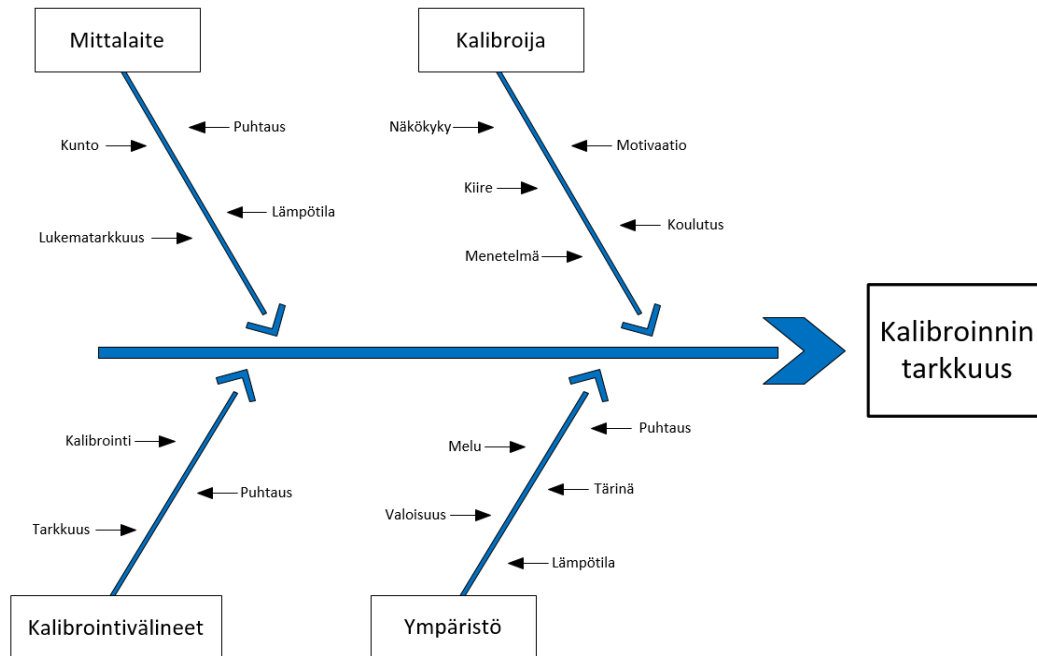


Kuva 2. Tässä tapauksessa mittaustulos on toleranssialueen sisällä, mutta mittausepävarmuus huomioituna kappaleen mitta on toleranssialueen ulkopuolella.

Kuvat 1 ja 2 ovat esimerkkejä toimittajan tekemistä mittauksista. Reklamaatio tapauksissa asiakkaan tekemissä mittauksissa, mitaustuloksen täytyy olla mittausepävarmuus huomioon otettuna kokonaan toleranssialueen ulkopuolella.

2.2 Mittalaitteen kalibrointi

Mittalaitteen kalibrointiin vaikuttaa monta eri tekijää. Vaikuttavimmat tekijät on havainnollistettu seuraavassa kaaviossa:

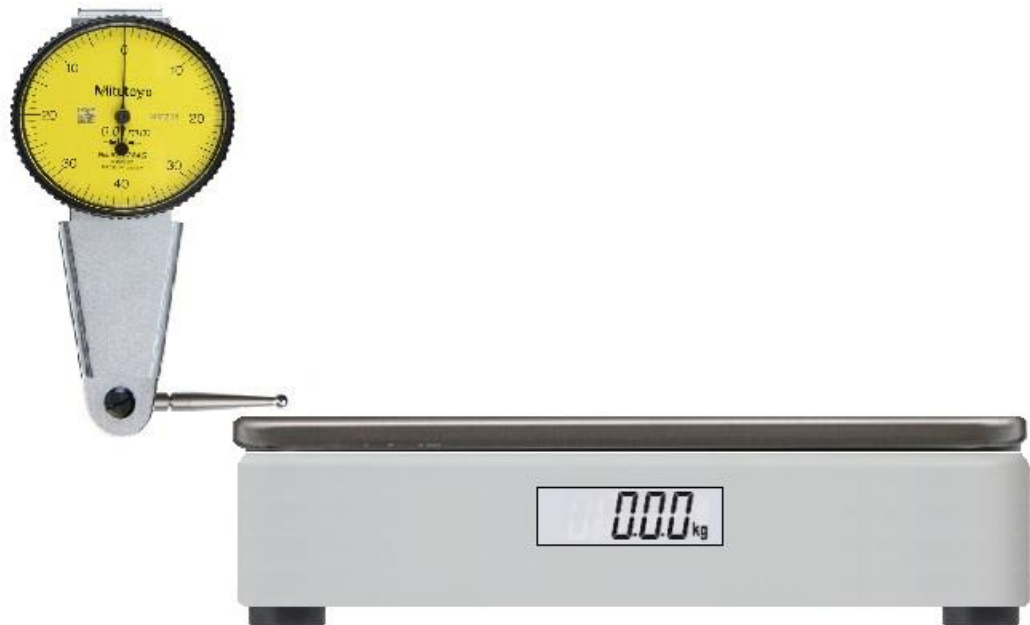


Kaavio 1.

Kalibrointiin vaikuttaa siis hyvin monta eri tekijää. Ympäristön osalta kalibroinnin onnistumiseksi olisi tärkeää, että kalibroinnille olisi oma laboratorio tai tila, jossa on muuttumattomat olosuhteet kalibroinnin suorittamiseksi. Tilan tulisi olla puhdas ja tilassa tulisi olla jatkuvasti tasainen lämpötila. Lämpötila vaikuttaa materiaaleihin ja niiden ominaisuuksiin, jonka takia mittaustulokset voivat heittää lämpötilan muuttuessa. Kalibrointi- ja mittavälineiden puhdistus sekä toimivuus ovat välttämättömiä kalibroinnin suorittamiselle. Pienetkin liat tai kolhut mittalaitteessa voivat antaa virheellisen tiedon laitteen tarkkuudesta. Mittalaitteen silmämääräinen tarkastus ennen kalibrointia voi hylätä laitteen tai lähettää sen korjaukseen. Suurin ja merkittävin tekijä kalibroinnissa on kalibroinnin suorittava henkilö. Koulutuksen lisäksi kalibroijan huolellisuus, asenne ja näkökyky ovat ratkaisevia tekijöitä kalibroinnin onnistumiselle.

Kalibrointi tapahtuma on standardin määrittelemien vaatimuksien mukainen. Seuraavana esimerkki kuinka kalibrointi käytännössä tapahtuu:

Kalibrointi aloitetaan tarkistamalla mittausvoimat, eli kuinka suurella voimalla mittakellon vipua täytyy painaa, jotta se saadaan liikkeelle. Kuvassa 3 havainnollistetaan, kuinka mittaus suoritetaan painamalla mittakelloa tarkkuusvaakaa vasten. Tästä katsotaan suurin lukema jonka vaaka antaa ennen kuin mittakellon vipu kääntyy. Tämän voiman pitää olla 0,3-1,5N välillä.



Kuva 3. (Kuvitettu kuva tapahtumasta)

Seuraavaksi mitataan mittakellon asteikon virheet. Mittakello asetetaan sen kalibrointiin suunniteltuun laitteeseen (Kuva 4). Mittaus suoritetaan menemällä ensin asteikkoa pitkin ylöspäin ja pysähdytään 0,1 millimetrin välein vertaamaan kalibrointilaitteen sekä mittakellon antamaa tulosta (Kuvassa 5, punaisella näkyvät kohdat joissa lukemat tarkistetaan). Näin mennään 0,8 millimetriin saakka. Tulokset merkitään ylös mittalaitteen yksilölliseen kalibrointikorttiin. Tämän jälkeen suoritetaan sama toimenpide toisinpäin, eli tullaan takaisin asteikkoa alaspäin 0,8 millimetristä aina 0 millimetriin saakka. Näin saadaan mittakellon heitto mitattua vivun liikkeessa molempiin suuntiin.



Kuva 4.[6]



Kuva 5.[7]

Seuraavaksi mitataan mittalaitteen toistuvuus. Toistuvuudessa mitataan sitä, kuinka tarkasti mittalaite näyttää saman mitan mittauksia toistaessa. Mittakello asetetaan näyttämään tiettyä mitta ja asetetaan tämä mitta nolapisteeksi kalibrointilaitteessa. Tämän jälkeen mittakelloa käytetään sen omassa nolapisteessä ja tuodaan takaisin tähän kalibrointilaitteeseen asetettuun nolapisteeseen. Toistuvuustesti otetaan esimerkiksi viisi kertaa ja tämän jälkeen tulos merkitään ylös mittavälinekorttiin. Tämän jälkeen katsotaan kalibrointiohjeesta rajat, joiden sisällä mittalaitteen pitäisi vaatimusten mukaan olla. Jos mittalaite on rajojen ulkopuolella, on se otettava pois käytöstä tai korjattava.

2.3 Dokumentointi

Dokumentoinnin lähtökohtana on, että mittalaitteesta dokumentoidaan vain kaikki oleellinen. Kaikki turha tieto kasvattaa mittalaitteen rekisteriä niin, että se on vaikeammin hallittavissa. [2, s.14]

Kaiken tarvittavan tiedon kalibroinnista voi määrittää miettimällä, mitkä tiedot ovat oleellisia jäljitettävyyden kannalta. Nykypäivänä kalibrointitiedot syötetään tietokoneelle (esim. Excel). Kalibroinnin yhteydessä mittalaitteeseen laitetaan tarra, joka kertoo työntekijälle värin(vuosi) ja numeron(kuukausi) perusteella seuraavan kalibroinnin ajankohdan.

Mittavälinekortti

Mittalaite: Työntömitta	Mittalaitteen hankinta aika: 12.6.2009	Mittalaitteen kalibroitijakso: 1v.
Mitta-alue: 0-150mm	Mittalaitteen numero: nro.11	Kalibrointi päivämäärä: 12.6.2017
Tarkkuus: 0,01mm	Mittalaitteen sijainti: halli 1	Seuraava kalibrointi: 12.6.2018
Kalibroinnin tulokset: 10mm = 9,99mm 20mm = 20mm 50mm = 49,99mm 100mm = 99,98mm	Kalibrointiin käytetyt välineet: Kalibrointi työkalu nro.22 ja nro.23	Kalibroinnin suorittaja: E.L
Huomautukset: <div style="border: 1px solid black; height: 40px;"></div>		

Kuva 6.

Kuva 6. on esimerkki mittavälinekortista, johon on dokumentoitu kaikki tärkeä tieto mittalaitteen kalibroinnista.

Dokumentointiin tarvittavat tiedot:

- Kalibrointilaitteen tunnistetiedot
- Mitattava suure
- Tarkkuus
- Mitta-alue
- Saadut tulokset

- Kalibrintijakso
- Seuraavan kalibroinnin ajanjakso
- Mittalaitteen sijoituspaikka
- Mittalaitteen hankinta-aika
- Päivämäärä ja allekirjoitukset
- Rajoitukset mittalaitteen käytölle
- Huomautukset

[2, s.14]

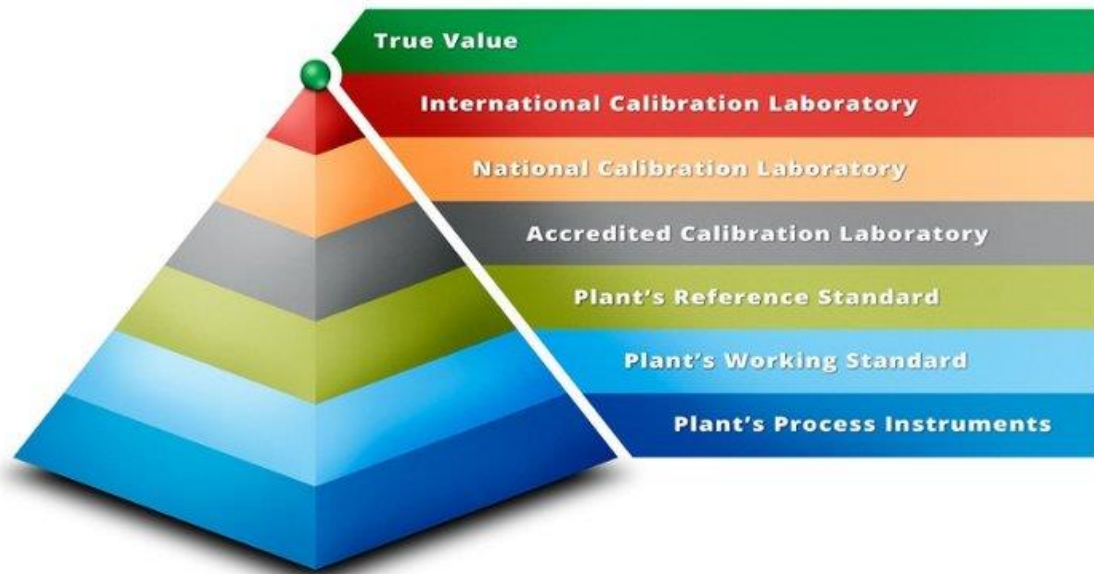
2.4 Jäljitettävyys

Jäljitettävyys on tärkeää kalibroinnissa. Jäljitettävyys on tärkeää yrityksen laadun kannalta sekä mahdollisten poikkeamien ilmentyessä, koska virheen löytäminen on huomattavasti helpompaa, jos kalibrintiketju on täydellinen. Tällä tavoin ketjun eri vaiheiden tarkasteleminen auttaa löytämään virheen järjestelmästä nopeasti. Jos kalibrintiketju on poikki ylemmällä tasolla, ei alemman tason kalibroinnin oikeellisuuteen voi luottaa. Yleisesti yrityksissä on käytössä ISO 9001-standardi, joten kalibroinnin tulee olla standardin vaatimuksien mukainen ja kalibroinnit tulee suorittaa standardin ohjeiden mukaisesti. Jäljitettävyydellä tarkoitetaan siis tarkentuvien mittausten ketjua, joka johtaa lopulta suoritetuista mittauksista suureen määritelmään. [3]

2.5 Kalibrintiketju

Kalibrintiketjun katkeamattomuudella tarkoitetaan, että kalibrintiketjun jokaisesta osasta löytyy kalibrintitodistukset. Kalibrintitodistukseksi kelpaa standardien ohjeiden vaatimusten mukaisesti suoritettu kalibrointi. Kalibrintiketjun tulee olla katkeamaton, jotta jäljitettävyys säilyisi ja mahdollisten virheiden löytäminen helpottuisi. Mitä

tarkempia mittauksia suoritetaan, sitä lyhyempi kalibrointiketjun tulisi olla. Kalibrointi ketjua kutsutaan myös SI-järjestelmäksi, joka on havainnollistettu kuvassa 4. [3]



Kuva 7.

Kuvassa 7. huomataan vaiheet, jotka muuttavat todellista mittaa kalibroinnin eri vaiheissa. Tosimitta muuttuu sitä epätarkemmaksi, mitä alemmas kuvan pyramidissa mennään.

Pyramidin huipulta alaspäin mennessä eli kalibrointiketjun erivaiheet ovat seuraavat:

- Kansainvälinen mittalaboratorio, joka perustaa tietonsa kansainväliseen mittojen vertailuun, määrittelyyn ja realisointiin.
- Valtion mittalaboratoriot, jotka työskentelevät yhdessä kansainvälisen mittalaboratorion kanssa ja tekevät keskenään toisten valtioiden kanssa kansainvälisiä vertailuja pitääkseen järjestelmänsä samalla tasolla.
- Ulkoiset mittalaboratoriot, jotka kalibroivat heidän mittansa vastaamaan valtion mittanormaaleja.
- Kolmena alimmaisena osana ovat mittalaitteiden ja niiden kalibrointilaitteiden kalibrointi.

3 ISO 9001-standardi

Yrityksessä johon opinnäytetyö tehtiin, on käytössä EN ISO 9001:2015. Yritys pyrkii käyttämään kyseisen standardin ohjeistusta mittalaitteiden kalibroimisen suorittamisessa sekä siihen liittyvissä toimenpiteissä. EN ISO 9001:2015 on kansallinen laadunhallintajärjestelmään liittyvä standardi, joka edistää prosessimaisen toimintamallin omaksumista osaksi laadunhallintajärjestelmän kehitystä ja käyttöönottoa. Prosessimaisen toimintamallin tavoitteena on parantaa laadunhallintajärjestelmän vaikuttavuutta ja tehostaa asiakkaan vaatimusten toteutusta sekä lakien ja viranomaisvaatimusten täyttymistä. [4, s.6]

3.1 Kalibrointi

ISO 9001 standardin mukaan tuotetta mittaavat ja seurannassa käytettävät mittalaitteet tulee vähintään kalibroida tai todentaa. Mittalaitteet tulee olla kalibroitu ennen mittausta. Jos mittalaitetta käytetään harvoin, tulee mittalaite kalibroida viimeistään ennen mittalaitteen käyttämistä. Säännöllisesti käytettävät mittalaitteet täytyy kalibroida määräajoin.

Molemmissa tapauksissa laite kalibroidaan mittapaloilla, jotka ovat jäljitettävissä kansainvälisiin tai kansallisiin mittanormaaleihin. Jos mittanormaaleja ei ole, kalibroinnin tai todentamisen perusteet on säilytettävä dokumentoituna tietona. Standardi vaatii myös, että jos mittalaite kalibroinnissa todetaan kelvottomaksi, täytyy selvittää, onko tämä vaikuttanut haitallisesti edellisiin mittaustuloksiin, jonka jälkeen on tehtävä tarvittavat toimenpiteet. [4, s.17]

3.2 Pätevyys

Pätevyys täytyy löytyä kaikilta henkilöiltä, joiden työskentely vaikuttaa laadunhallintajärjestelmän suorituskykyyn ja vaikuttavuuteen. On varmistettava, että henkilöt ovat päteviä koulutuksen, harjoittelun tai kokemuksen perusteella. Mikäli pätevyyttä ei ole, täytyy se hankkia. Näyttönä pätevyydelle riittää dokumentoitu tieto esimerkiksi suoritetuista aiemmista työtehtävistä tai koulutuksesta. Tietoisuus organisaation kaikille työntekijöille on oleellinen osa. Työntekijöiden tulisi olla tietoisia yrityksen laatupolitiikasta, laatutavoitteista, siitä miten tavoitteisiin päästään sekä

seurauksista joita voi ilmetä, mikäli laadunhallintajärjestelmän vaatimuksia jätetään noudattamatta.

Tärkeää on myös viestiminen työntekijöiden ja johtoportaalle välillä, sekä sopiminen kuinka viestiminen tapahtuu, missä tilanteissa viestitetään ja kenelle. Laadunhallintajärjestelmän on sisällettävä kaikki standardissa edellytetty, sekä organisaation vaikuttavuuden kannalta välttämättömäksi määritelty dokumentoitu tieto. [4, s.18]

3.3 Laatu politiikka

Organisaation ylimmän johdon on laadittava, otettava käyttöön ja ylläpidettävä laatu politiikkaa, jonka on sovittava organisaation tarkoitukseen ja toimintaympäristöön. Organisaation tulisi myös rakentaa perusta laatu tavoitteiden asettamiselle, sekä sisällettävä sitoutuminen vaatimusten täyttämiseen ja jatkuvaan parantamiseen. Dokumentoitu tieto tulisi olla jatkuvasti ylläpidetty ja olla myös organisaation eri sidosryhmille. [4, s.13-14]

3.4 Vastuu ja valtuudet

Ylimmän johdon on määriteltävä, kenellä tai keillä on vastuu ja valtuudet organisaation toiminnassa eri osa-alueilla. Laadunhallintajärjestelmän tulisi olla kansainvälisten standardien mukainen sekä prosessien tulisi saavuttaa halutut tulokset. Raportointi tulisi tapahtua ylimmälle johdolle, jotta organisaatio pysyy mukana laadunhallintajärjestelmän suorituskyvystä, sekä mahdollisista parantamismahdollisuuksista. Asiakaskeskeisyys tulisi varmistaa ja edistää kaikkialla organisaatiossa. Laadunhallintajärjestelmän tulisi säilyä eheänä kokonaisuutena, kun siihen suunnitellaan parannuksia ja muutoksia.

[4, s.14]

3.5 Laadunhallintajärjestelmä

Organisaation on luotava, otettava käyttöön, ylläpidettävä ja parannettava laadunhallintajärjestelmä, johon sisältyvät tarvittavat prosessit ja niiden keskinäiset

vaikutukset tämän kansainvälisen standardin vaatimusten mukaisesti. Laadunhallintajärjestelmää varten on määritettävä siihen tarvittavat prosessit ja niiden soveltaminen koko organisaatiossa. Lisäksi on määritettävä prosesseihin tarvittavat resurssit, lähtötiedot, vastuut ja valtuudet, prosesseilta odotettavat tulokset, sekä niiden keskinäinen järjestys ja vuorovaikutus.

Prosesseihin tarvittavat kriteerit ja menetelmät kuten seuranta, mittaukset ja suorituskyyindikaattorit, joilla varmistetaan vaikuttava toiminta ja ohjaus on myös määritettävä laadunhallintajärjestelmää varten. Organisaation on käsiteltävä laatuja järjestelmään sisältyviä riskejä ja mahdollisuuksia. Organisaation on tarvittavissa määrin ylläpidettävä dokumentoitua tietoa, sekä säilytettävä dokumentoitua tietoa voidakseen luottaa siihen, että prosessit toteutetaan suunnitelmien mukaisesti. [4, s.12]

3.6 Suorituskyky

Organisaation on määritettävä suorituskyvyn arviointia varten erinäisiä asioita. Organisaation tulee seurata ja mitata tuloksia, sekä varmistaa oikeat menetelmät, jotta saadaan kelvolliset tulokset. Seurannan sekä mittausten tulosten analysointi, sekä niiden ajankohtien määrittämisen suoritusajankohta tulisi olla tarkasti määritelty. Laadunhallintajärjestelmän suorituskyky ja vaikuttavuus tulisi arvioida, sekä ylläpidettävä dokumentoitua tietoa näyttönä tuloksista. [4, s.27]

Organisaation on seurattava asiakkaiden näkemyksiä siitä, kuinka hyvin heidän tarpeensa ja odotuksensa on täytetty ja määriteltävä tämän tiedon hankkimis-, seuranta- ja katselmusmenetelmät. Edellämainituista asioista on tehtävä analyysi, jonka perusteella yrityksen tulisi arvioida tuotteiden ja palveluiden vaatimustenmukaisuutta. Myös asiakastyytyväisyyttä, sekä tuotteiden ja palveluiden vaatimustenmukaisuutta tulisi seurata. [4, s.27-28]

3.7 Johdonkatselmus

Organisaation laadunhallintajärjestelmää tulee ylimmän johdon katselmoida suunnitelluin väliajoin varmistuakseen, että se on soveltuva, tarkoituksen mukainen ja

yrittäjän nykytilanteeseen paras ratkaisu. Johdonkatselmuksessa huomioidaan myös aiemmat johdonkatselmuksella laadunhallintajärjestelmän toimivuudesta, sekä poikkeamat ja korjaavat toimenpiteet joita järjestelmälle on jouduttu tekemään. On myös huomioitava, vaikuttaako laadunhallintajärjestelmä ja sen kehittäminen asiakastytytyvyyteen, sekä saavuttaako järjestelmä organisaation tavoitetason. [4, s.28-29]

Lähtötietoihin on otettava huomioon myös resurssien riittävyys kalibrointijärjestelmän ylläpitämiseksi vaaditulla tasolla. [4, s.28-29]

Tuloksiin johdonkatselmuksessa on sisällyttävä päätökset ja toimenpiteet jotka liittyvät laatuajärjestelmän parantamismahdollisuuksiin, mahdollisiin muutostarpeisiin ja resurssitarpeisiin. Johdon katselmuksen tuloksista on säilytettävä organisaatiossa dokumentoitua tietoa. [4, s.28-29]

3.8 Dokumentointi

ISO-9001 Standardi määrittää, että yrityksen on dokumentoitava kaikkea informaatiota, jonka organisaatio on määrittänyt tarpeelliseksi laadunhallintajärjestelmän toiminnan kannalta. Laadunhallintajärjestelmän dokumentoidun tiedon laajuus voi vaihdella eri yritysten välillä. Tähän vaikuttavat mm. organisaation koko, prosessien monimutkaisuus ja palveluiden tyyppi. [4, s.18]

Organisaation luodessa tietoa ja päivittäessä sitä, tulee sen varmistua asianmukaisista toimintatavoista. Dokumentoinnin yksilöinti ja tunnistus kalibrointijärjestelmässä ilmenevät esimerkiksi otsikoiden, päiväysten, laatijan tai viitenumeroiden perusteella. Tallennusmuotona voi olla erilaiset ohjelmistoversiot tai kuvat. Tallennusväline voi olla paperilla tai sähköisessä muodossa. Soveltuvuus ja tarkoituksenmukaisuus tulisi tarkistaa ja hyväksyä. [4, s19]

Kansainvälisen standardin ja laadunhallintajärjestelmän dokumentoitua tietoa on hallittava, jotta voidaan varmistua sen olevan aina saatavilla käyttötarkoitukseensa sopivassa muodossa. Dokumentoitu tieto tulee olla suojattuna asianmukaisesti. Luottamuksellisia tietoja ei luovuteta luvatta ja niiden asiaton käyttö on estetty. Tietojen tulisi myös pysyä muuttumattomana kokonaisuutena. Tiedonhallinnassa on myös otettava huomioon jakelu (kenellä on pääsy tietoihin kalibroitijärjestelmässä), varastointi, muutosten hallinta sekä dokumenttien säilytysaika ja hävittäminen. [4, s19]

3.9 Resurssit

Mitä suurempi kalibroitijärjestelmä on, sitä enemmän se vaatii resursseja. Organisaation on määritettävä tarvittavat resurssit laadunhallinnan luomiseen, käyttöönottoon ja jatkuvaan parantamiseen, sekä otettava huomioon sisäisten resurssien toimintakyky ja rajoitteet. Organisaatiossa on määriteltävä tarvittavat henkilöt laadunhallintajärjestelmää, sekä prosessien toimintaa ja ohjausta varten. Myös prosessien toimintaa, sekä tuotteiden vaatimustenmukaisuuden saavuttamista varten on määritettävä tarvittava infrastruktuuri ja ylläpidettävä sitä. Infrastruktuuriin kuuluvat mm. rakennukset, laitteet ja ohjelmistot, logistiikka sekä tieto- ja viestintätekniikka. [4, s.16-17]

Resurssit on siis määriteltävä ja järjestettävä niin, että organisaatiossa pystytään varmistamaan oikeat ja luotettavat mittaustulokset, kun mittauksia käytetään tuotteiden ja palveluiden vaatimustenmukaisuuden todentamiseen. [4, s.16-17]

4 Kalibroititilat

Yrityksessä tulisi aina olla mittalaitteiden kalibrointiin sopivaksi suunniteltu tila, jossa pystytään jatkuvasti muuttumattomissa olosuhteissa suorittamaan tarkkoja mittauksia. Yrityksellä tulisi olla käytössä työkalut ja laitteet, joilla pystytään mittaamaan erilaisia mittaukseen vaikuttavia tekijöitä kalibrointitilassa. Vaatimukset tulisi selvittää

mitattavien laitteiden perusteella, eli minkälaisia vaatimuksia mittalaitteella on, jotta saadaan oikeellinen kalibrointitulos.

Tilassa tulisi olla tarkasti säädettävä lämpötila, ettei lämpötila aiheuta mittalaitteissa ja kalibrointityökaluissa vääristyneitä tuloksia. Tilan tulee olla puhdas, eikä siellä saa ilmetä voimakkaita ilmavirtauksia, värähtelyä tai epänormaalia kosteutta. Hyvä valaistus, sekä vähäinen melu lisäävät kalibroijan työmukavuutta ja näin ollen parantavat kalibroinnin tarkkuutta.

Mahdolliset sähköiset- ja magneettiset häiriöt täytyy ottaa huomioon, jos mitta- tai kalibrointilaitteen ohjeet näin vaativat. [1, s.20]

Alla olevassa taulukossa on esitetty vaatimuksia ympäristöolosuhteille [1, s.16]

Taulukko 4.1 Olosuhdevaatimukset mittaustiloissa.

Ominaisuus	Korkeatasoinen kalibrointi	Vaativat mittaukset ja tavalliset kalibroinnit	Normaalit mittaukset ja vaatimattomat kalibroinnit	Välttävät mittaukset
Lämpötila työtasossa	20 °C ± 0,5 °C	20 °C ± 1 °C	19 ... 24 °C	15 ... 25 °C
Lämpötilaerot tilan eri osissa	Maks. 0,6 °C	Maks. 2 °C	Maks. 4 °C	–
Lämpötilan vaihtelu tunnissa	Maks. 0,1 °C	Maks. 0,3 °C	Maks. 1 °C	Maks. 1,5 °C
Lämpötilan vaihtelu vuorokaudessa	Maks. 0,6 °C	Maks. 1 °C	–	–
Ilman suhteellinen kosteus	35 ... 55 %	35 ... 55 %	20 ... 70 %	Maks. 80 %
Värähtelyt	Amplitudi/ Taajuus	0,25 µm/200 Hz ... 3 µm/5 Hz	1 µm/20 Hz ... 3 µm/10 Hz	Ei selvästi havaittavaa tärinää
Valaistus		800 ... 1000 lux	800 ... 1000 lux	500 ... 1500 lux
Puhtaus	Koko	< 0,5 µm	< 5 µm	Puhtaudesta huolehditaan hyvin
	Määrä	3 x 10 ⁷ kpl/m ³	1 x 10 ⁷ kpl/m ³	
Ilman virtausnopeus		< 150 mm/min	< 300 mm/min	Ei tuntuvaa vetoa
Melu		< 40 dBA	< 50 dBA	< 60 dBA

Taulukko 2.

Lämpötilan tulisi olla helposti hallittavissa, eikä tilan ulkopuolella vallitseva lämpötilan tulisi vaikuttaa tilan sisälämpötilaan. 20 °C:n lämpötilassa tapahtuvalle kalibroinnille ei tarvitse tehdä lämpöpitenemiskorjausta, materiaalista riippumatta. Jos lämpötila vaihtelee suuresti 20 celsiusasteesta, mittausepä-tarkkuus suurenee, sillä eri materiaalien lämpöpitenemiskertoimet vaihtelevat ja poikkeavat toisistaan lämpötilan muuttuessa 20 °C:n lämpötilasta. [1, s.17]

Ilmankosteuden tulisi pysyä alle 55%, koska rautametalleilla on tällöin suuri riski ruostua. Suositeltu ilmankosteus tulisi olla alle 35%, sillä stabiili ilmankosteus auttaa pitämään laboratorion lämpötilan tasaisena, sekä pölyn helposti puhdistettavissa. Suuri ilmankosteus vaikuttaa myös puun, muovin ja paperin mittojen muutokseen. [1, s.19]

Ilmastoinnin tulisi olla laadukas, sillä halvat ilmastointilaitteet puhaltavat vuorotellen kylmää ja kuumaa ilmaa. Tämä aiheuttaa tilassa nopeita lämpötilan muutoksia, jotka voivat vääristää mittaustuloksia. Jos tällaisia ilmastointilaitteita kuitenkin käytetään, tulisi huolehtia ilmanhajottamisesta tasaisesti laboratorioon, sekä tilan on oltava riittävän suuri estämään nopeat lämpötilanmuutokset. Laboratoriossa ei saisi ilmentyä kovia ilmavirtauksia, sillä tämä voi vaikuttaa joidenkin mittalaitteiden kalibrointiin ja antaa vääristyneitä tuloksia. [1, s.17]

Laboratorion, mitattavien laitteiden sekä kalibrointilaitteiden tulisi olla puhtaita. Lika aiheuttaa mittalaitteissa kitkaa, joka kasvattaa mittausvoimia ja näin ollen aiheuttaa kulumista sekä epätarkkuutta. Puhtaus ja siisteys vaikuttavat myös positiivisesti työmukavuuteen sekä tuottavuuteen. Säännöllisellä siivoamisella vaikutetaan parhaiten puhtaanapitoon. Suurimmat tekijät kalibrointitilan likaantumiseen ovat ihminen ja mitattavat työkappaleet. [1, s.19]

Värähtely vaikuttaa mittaustuloksissa nollapistesiirtymänä tai yksittäisinä hyppyinä. Pinnankarheuden mittauslaitteet, interferometriaan perustuvat, pituuden mittalaitteet sekä ympyrämaisyyden ja lieriömaisyyden mittauslaitteet ovat herkimpiä värähtelyille. Kappaleiden siirtoon tarkoitettut koneet, kuten trukit ja nosturit sekä raskas hakkaava koneistus ovat yleisimpiä värähtelyn aiheuttajia. [1, s.19]

Melu vaikuttaa laboratoriossa työskentelevän keskittymiseen ja väsymiseen. Melu voi myös johtaa informaatiovirheisiin samassa tilassa työskentelevien välillä kuulovaikeuksien takia. Suurin melunaiheuttaja tilassa on ilmastointilaite, joka tulisi sijoittaa mittaushuoneesta eristettyyn tilaan. [1, s.20]



Kuva 8. [5]

Kuvassa 8. nähdään, kuinka siisti ja järjestelmällinen kalibrointilaboratorion tulee olla, jotta olosuhteet kalibrointitapahtumalle olisivat mahdollisimman hyvät.

5 Ohjeistus

Ohjeistus on hyvin tärkeä osa kalibroinnin onnistumisen kannalta. Ohjeistus on yleensä kirjallisena tietona, joka voi joskus epäselvästi ilmaistuna aiheuttaa ongelmia sen tulkitsemisen suhteen. Virheellinen ohjeen ymmärtäminen voi aiheuttaa pahimmassa tapauksessa mittalaitteen hyväksynnän kalibroinnissa, vaikka mittalaite olisikin täysin käyttökelpoton. Tästä seurauksena asiakkaalle voi lähteä virheellisiä kappaleita, josta aiheutuu suuret kustannukset, varsinkin jos virhe huomataan vasta tuotteen asiakkaalle päädyttyä. Virheellinen ohjeiden ymmärtäminen voi myös hylätä mittalaitteen, joka todellisuudessa olisi vielä käyttökelpoinen, josta aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia laitehankinnoissa.

Ohjeistusta voi käyttää esimerkiksi koulutusmateriaalina, sekä on myös kätevä apuväline mittaajalle varmistuslistana aina kalibrointia suorittaessa. On myös jäljitettävyyden kannalta hyvä, jos kalibroinnit suoritetaan ohjeistuksen mukaan kaikissa laitteissa. Kalibrointiohje on siis dokumentti siitä, kuinka kyseinen laite on edellisen kerran kalibroitu. Ohjeistus helpottaa kalibrointia myös siltä osin, että kalibrointia aloitettaessa ei tarvitse suunnitella jokaisella kerralla, kuinka kalibrointi suoritetaan.

6 Kehitystyö

6.1 Johdanto kehitystyöhön

Käytännönsuuden alussa pohdittiin, kuinka kalibrointijärjestelmässä eniten aikaa vievät toiminnot saadaan selville. Mahdollisimman laajaa kokonaisuutta tarkastellen päädyimme vertailemaan kalibrointijärjestelmää FMEA-analyysin pohjalta. FMEA-analyysi toisi ilmi tärkeimmät osa-alueet järjestelmässä, jonka pohjalta järjestelmän kehittämiseen parempaan suuntaan voitaisiin aloittaa. FMEA-analyysi tehtiin mittalaitteiden kalibrointiin ja kalibroinnin dokumentointiin kuluva ajasta. Analyysissä tekijöille on asetettu painoarvot, seuraukset ja korjaavat toimenpiteet. Viimeisessä sarakkeessa nähdään, kuinka tärkeä osa kokonaisuutta kyseinen osa-alue on järjestelmässä. Suurempi luku kertoo suuremmasta tärkeysasteesta.

Tapahtuma	Vaikuttavat tekijät	Aikaan vaikuttavat tekijät	Painoarvo (1-10)	Seuraukset	Kuinka usein ilmenee (1-10)	Korjaavat toimenpiteet	Miten helposti puute havaitaan (1-5)	Huomionti
Kalibrointiin kuluva aika	Mittalaite	Tyyppi	6	Eri mittavälineillä erilaiset kalibrointiajat	7	Huomioidaan eri mittalaitteiden kalibrointiin kuluva aika	4	168
		Kunto	6	Mahdolliset rakenteelliset korjaukset	2	Käyttäjät pitävät mittalaitteet hyvässä kunnossa	2	24
	suorittaja	Ammattitaito	6	nopeus	7	Ammattitaitoinen ja huolellinen kalibroija	4	168
		Motivaatio	9		8		4	288
		Huolellisuus	10		9		3	270
	Työntekijät	Mittalaitteiden sijoitteluohjeen noudattaminen	8	Mittalaitteiden löytäminen	9	Noudatetaan ohjeistusta mittalaitteiden sijoittamisesta	5	360
		Siisteys	7	Kalibroinnin tehokkuus kärsii	7	Pidetään kalibrointitilat ja laitteisto siistinä ja kunnossa	4	196
		Laitteiston kunto	10		8		4	320
	Työskentely-osastot	Siisteys ja järjestys	9	Mittalaitteiden löytäminen	10	Työskentelypisteet pidetään siistinä ja järjestyksessä	5	450
		Mittalaitteista huolehtiminen	9		9		3	243
Dokumentointiin kuluva aika	Järjestelmä	Järjestelmän käytännöllisyys	8	Dokumentoinnin nopeus	8	Järjestelmän ajantasalla pitäminen	6	384
	Käyttäjä	Käyttäjän taito	8	Dokumentointi hidasta tai virheellistä	7	Käyttäjän osaamisen varmistaminen	6	336

Taulukko 3.

Taulukon 3. FMEA-analyysissä korostuu työskentelyosastojen siisteys, järjestys sekä dokumentointijärjestelmä vaikuttavimpina tekijöinä kalibrointiin kuluva ajassa.

Ensimmäisenä selvitettiin tämän hetkisen kalibrointijärjestelmän toimivuus ja kuinka paljon mittalaitteiden kalibrointi sen mukaisesti toimittuna vei aikaa. Kalibrointi aikaa selvittäessä tuli ilmi, että mittalaitteiden etsiminen yrityksessä on tällä hetkellä hyvin hankalaa, joten tämä tulisi olemaan suuri osa kehitystyötä. Koska mittalaitteiden määrästä ja sijainnista ei ollut tarkkaa tietoa, oli tehtävä täydellinen alkukartoitus. Kartoituksessa selvitettiin mittalaitteiden kokonaismäärä, jonka avulla voitiin arvioida kaikkien järjestelmään kuuluvien mittalaitteiden kalibrointiin kuluva sekä vaihtoehtoisen ulkoisen kalibroinnin kustannukset.

Lähtökohtia selvittäessä kalibrointijärjestelmässä huomattiin monia aukkoja, jotka eivät niinkään vaikuta kalibrointijärjestelmän laatuun, vaan siihen kuinka tehokasta kalibrointi on. Kalibrointijärjestelmän perusteellisen selvityksen jälkeen pystytään keskittymään suurimpiin puutteisiin järjestelmän kehittämiseksi. Ylimääräiset mittalaitteet kuormittavat järjestelmää ylimääräisellä dokumentoinnilla joka aiheuttaa lisäkustannuksia kalibroinnissa.

Opinnäytetyössä pohditaan myös, kuinka usein mittalaitteita kalibroidaan. Tehdäänkö sitä viikoittain, kuukausittain vai muutaman kerran vuodessa. Liian tiheään jaksotettuna se aiheuttaa päivittäistä kalibrointijärjestelmän seuraamista, kun taas liian harvoin tehtynä se voi viedä liian paljon aikaa tai kalibrointiä ei ehditä suorittaa siinä ajassa, kun se on suunniteltu.

6.2 Alkukartoitus ja lähtötilanne kalibrointijärjestelmässä

Nykyisessä kalibrointijärjestelmässä näkyy mittalaitteen numero ja nimi, edelliset kalibrointitiedot, sekä osasto missä mittaväline sijaitsee. Kalibrointijärjestelmän päivittämiseksi mittalaitteiden lukumäärä ja sijainti kartoitettiin mahdollisimman tarkasti. Yrityksen kalibrointijärjestelmän mittalaitetaulukko ei täysin vastannut mittalaitteiden lukumäärän ja sijainnin todellista tilannetta, koska jotkin mittalaitteet olivat saattaneet kulkeutua alkuperäiseltä osastolta toiselle osastolle. Mittalaitteiden etsiminen ja nopea löytäminen osoittautui haastavaksi. Yhdellä työskentelyosastolla saattoi olla useita kymmeniä mittalaitteita, mutta niiden sijaintia ei oltu määritelty tarkasti taulukossa, eivätkä työntekijäkään välttämättä olleet tietoisia missä ne sijaitsivat. Mittalaitteiden sijainnin tarkkuus on siis yksi merkittävimmistä kehityskohteista järjestelmässä. Tähän ratkaisuna tulee mittalaitteille merkityt paikat, joissa mittalaitteiden tulee olla aina, kun niitä ei käytetä.

Aluksi mittalaitteita yritettiin etsiä vanhan mittavälinetaulukon mukaan, mutta kohdatessamme muutaman mittalaitteen etsinnässä vaikeuksia, ohjeistimme työntekijöitä etsimään kaikki työskentelyalueiden mittalaitteet työpisteille määräaikaan mennessä. Sovittuna päivämääränä kävimme työpisteet läpi ja kirjasimme jokaisen mittalaitteen tiedot ylös. Tietoihin kuuluivat mittalaitteen nimi, mittausväli, mittalaitteen koodi ja mittavälineen sijainti. Taulukko 4. on esimerkki johon on täytetty tiedot mittalaitteista ja niiden sijainnista.

Mittavälineen n:o	Mittaväline	Mitta-alue	Osasto	Työpiste/Henkilö
Z6567	Digitaalinen työntömitta	0-150mm	Toimisto	Työnjohtaja
N9345	Mikrometri	0-25mm	Varasto	Vastaanotto
C2543	Vaaka	0-60kg	Halli	Tarkastuspiste
H5445	Mittakello	0-12,7mm	Halli	Tarkastuspiste

Taulukko 4.

Kun jokainen mittalaite oli käyty läpi, teimme uuden mittavälinetaulukon ja kirjasimme mittalaitteet siihen ylös. Tämän jälkeen vertasimme uutta mittavälinetaulukkoa vanhaan versioon. Tutkimme, kuinka paljon mittalaitteita oli kadonnut, jäänyt merkitsemättä ja nimetty- tai sijoitettu väärin, joita lopulta löytyi noin 50 kappaletta. Osastoilta löytyi myös paljon mittalaitteita, jotka eivät olleet tämänhetkisen kalibroinnin piirissä. Näitä mittalaitteita oli lähestulkoon yhtä paljon, kuin kadonneita mittalaitteita oli. Uusi kalibrintijärjestelmä tulee siis pohjautumaan tämän kartoituksen aikana löydettyjen mittalaitteiden pohjalta.

Alkuperäisessä kalibrintijärjestelmässä vastuu mittalaitteiden kalibroinnista ja kalibrintijärjestelmän ylläpidosta kuului laatuosastolle, sekä osaltaan myös työntekijöille. Työntekijöillä oli vastuu tietää missä mittalaite oli, koska mittalaitteet olivat sijoitettu osastoittain, eikä tarkempaa tietoa mittalaitteen sijainnista oltu ilmoitettu. Työntekijöiden vastuulla oli myös tuoda mittalaite kalibroitavaksi ajallaan. Tämä järjestelmä ei kuitenkaan toiminut toivotulla tavalla työntekijöiden piittaamattomuuden, kiireen tai puutteellisen ohjeistuksen vuoksi. Tämän takia vastuu siirtyi lähestulkoon kokonaan laatuosaston henkilöille.

6.3 Kehitetty kalibrintijärjestelmä

Kalibrintijärjestelmän kehittämisessä lähdettiin liikkeelle suurimmasta ongelmasta, eli haasteesta löytää mittalaite kalibroinnin suorittamiseksi. Työntekijöillä ei tule enää olemaan henkilökohtaisia mittalaitteita, sillä ne sijoitetaan kiinteästi työpisteille, mittapisteille ja kaappeihin. Poikkeuksena toimihenkilöiden mitat ovat henkilökohtaisia, jotka löytyvät helposti koska niitä on suhteessa hyvin vähän ja todennäköisesti kyseiset mitat eivät katoa. Lisäksi mittalaitetietoihin lisätään tieto mittalaitteen tarkasta sijainnista. Nykyisessä järjestelmässä mittalaitteita etsiessä koko osasto täytyy käydä läpi, kun taas uudessa tarvitsee katsoa korkeintaan yksi työtaso läpi. Mittalaitteet merkitään myös työtasoon liitettäviin kuviin niiden omilla mittalaite numeroilla, joten työntekijöiltä vaaditaan, että mittalaitteet joiden nimet ovat työpisteellä olevassa kuvassa, löytyvät työpisteeltä. Lisäksi mittalaitteen etsimistä helpottamaan on tehty kartta osaston

pohjapiirustuksesta, joka havainnollistaa mittalaitteen tarkan sijainnin. Kun järjestelmää kehitetään tähän suuntaan, kalibroija löytää mittalaitteet hyvinkin nopeasti, eikä se vie paljoa työaikaa. Vaihtoehtoisena järjestelynä voitaisiin pohtia myös henkilökohtaisia mittoja, joiden kalibrointi tapahtuisi niin, että mittalaitteen omistaja toisi mittalaitteen kalibroitavaksi kalibroinnin suorittavalle henkilölle. Tässä ongelmaksi voisi kuitenkin muodostua se, että työntekijät saisivat vastuulleen ison määrän mittalaitteita, ja mikäli työntekijät eivät noudattaisi tätä velvollisuutta, kalibrointijärjestelmä ei toimisi.

Mikäli työntekijät toisivat mittalaitteet kalibroitavaksi, tulisi vastaan myös ongelma siitä, kuinka käytännön järjestely tapahtuisi. Kuinka työntekijä tietäisi milloin mittalaite on kalibroitava? Ruuhkautuisiko kalibrointi, jos mittalaitteita tulisi kerralla enemmän kalibroitavaksi? Aiheuttaisiko ruuhka kalibroinnissa ongelmia tuotannon puolella, mikäli mittalaitteita olisi kalibroinnissa? Myös tällaisten vaatimusten tuonti yrityksen lattiatasolle, kuten mittalaitteiden tuonti kalibrointiin voi olla ongelmallista, koska työntekijä kokee saavansa enemmän vastuuta, mutta ei saa siitä enempää palkkaa. Näiden pohdintojen pohjalta päädyimme järjestelmään, jossa mittalaitteiden kalibrointi olisi rytmitetty valmiiksi mahdollisimman tehokkaaseen kalibrointiin soveltuvaksi ja ainoastaan kalibroinnista vastaavan henkilön täytyisi olla tietoinen mittalaitteiden kalibroinnin ajankohdasta.

Seuraavaksi kalibrointijärjestelmän kehittämisessä pohdittiin, kuinka paljon mittalaitteita osastokohtaisesti tarvitaan ja onko tehtaassa ylimääräisiä mittalaitteita. Heti alussa huomattiin, että mittalaitteita on hyvin paljon suhteessa henkilömäärään, joten mittalaitteiden vähentäminen oli aiheellista. Jotta vähentäminen olisi mahdollista, täytyi mittalaitteet kartoittaa täydellisesti ja nähdä fyysisesti mitä mittalaitteita työpisteillä on. Työntekijöitä haastatteleamalla sai myös näkemystä, kuinka paljon mittalaitteita käytetään kyseisellä osastolla, joka osaltaan helpotti mittalaitteiden karsimista järjestelmästä. Joillakin osastoilla mittalaitteiden vähentämistä tehtiin reilusti ja hyvänä esimerkkinä on se, että jollakin osastolla oli erikoismittavälineitä samalle mitta-alueelle useita kappaleita. Näitä mittavälineitä käytetään harvoin, joten useamman kuin yhden erikoismittan nähdään olevan ylimääräisiä. Myös tavanomaisia mittavälineitä karsittiin. Joillakin osastoilla saattoi olla mittoja enemmän kuin mittaajia, ja mittauksia suoritettiin päivän aikana vain

muutamia. Tämän vuoksi päätettiin, että tälle osastolle jää vähemmän mittalaitteita, kuin työntekijöitä.

Ulkoisenkalibroinnin vaihtoehtoa pohdittiin yrityksen pyynnöstä. Koska Joensuussa ei ole kalibroitavia suorittavia yrityksiä, täytyisi kalibrointi suorittaa toisella paikkakunnalla. Mittalaitteita olisi haastavaa saada kalibrointiin, koska se onnistuisi vain silloin, kun mittalaitteita ei käytetä. Ja koska mittalaitteita käytetään päivittäin, tarvittaisiin korvaavia mittalaitteita, joka nostaisi taas kalibrointikustannuksia ja mittalaitteiden määrää. Mittalaitteita ei kannattaisi kalibroida ulkoisesti kovin tiheästi, koska se aiheuttaisi jatkuvaa mittalaitteiden etsimistä joka on kuitenkin todennäköisesti työllistävin vaihe mittalaitteiden kalibroinnissa. Näiden asioiden pohjalta päädyttiin yrityksen sisäiseen mittalaitteiden kalibrointiin.

Seuraavana pohdittiin, miten tiheästi kalibroitavia suoritetaan. Kalibroitavien mittalaitteiden kalibrointijaksot on määritelty jo aiemmin yritykselle ja sen toiminnalle sopivaksi, joten niitä ei tässä opinnäytetyössä oteta huomioon. Kun pohditaan ääripäitä siitä, kuinka kalibroitavat laitteet on jaettu kalibroitavaksi, nähdään hyvät ja huonot puolet molemmista vaihtoehdoista. Tiheästi suoritettuna mittalaitteiden kalibrointi ei aiheuta kovinkaan suurta resurssin tarvetta viikko tasolla, mutta aiheuttaa jatkuvaa kalibrointijärjestelmän seuraamista. Harvoin suoritettu mittalaitteiden kalibrointi taas voi aiheuttaa suuren resurssin tarpeen pienelle aikavälille, mutta ei vaatisi jatkuvaa kalibrointijärjestelmän seuraamista. Parhaaksi tavaksi kalibrointiin katsottiin, että mittavälineitä kalibroidaan kuukausittain noin kahdeksan kappaletta. Mittalaitteita kalibroidaan siis vuoden jokaisessa kuukaudessa 8 kertaa ja kalibroija voi itse päättää, kalibroiko hän mittalaitteet yhden päivän aikana, vai jakaako kalibroinnit vielä kuukauden ajalle tasaisesti.

6.4 Mittausten jäljitettävyys

Koska opinnäytetyö osaltaan sivuaa myös jäljitettävyyttä, selvitimme kuinka jäljitettävyys nykyisessä mittaus ja seurantajärjestelmässä todetaan.

Kappaleiden mittaamiseen oli tehty tuotantoon mittausohje, johon laitettiin tuotekohtaisesti seuraavia asioita:

-kuinka usein mittaus suoritetaan

-kuka on mittaaja

-merkitään, onko tuote toleranssirajojen sisällä tai vaihtoehtoisesti kappaleesta halutut mitat merkitään ylös

Jos mittauksia ajatellaan jäljitettävyyden kannalta, olisi hyvä tietää myös mittalaite jolla mittaus on suoritettu, joten täydellisen jäljitettävyyden saavuttamiseksi mittaustuloksiin kehitysideana on merkitä lisäksi mittavälineen yksilönumero, jolla mittaus on suoritettu. Tämän avulla poikkeaman ilmetessä voidaan havaita suoraan mittalaite, jolla reklamaatiossa takaisin tuleva tuote on mitattu.

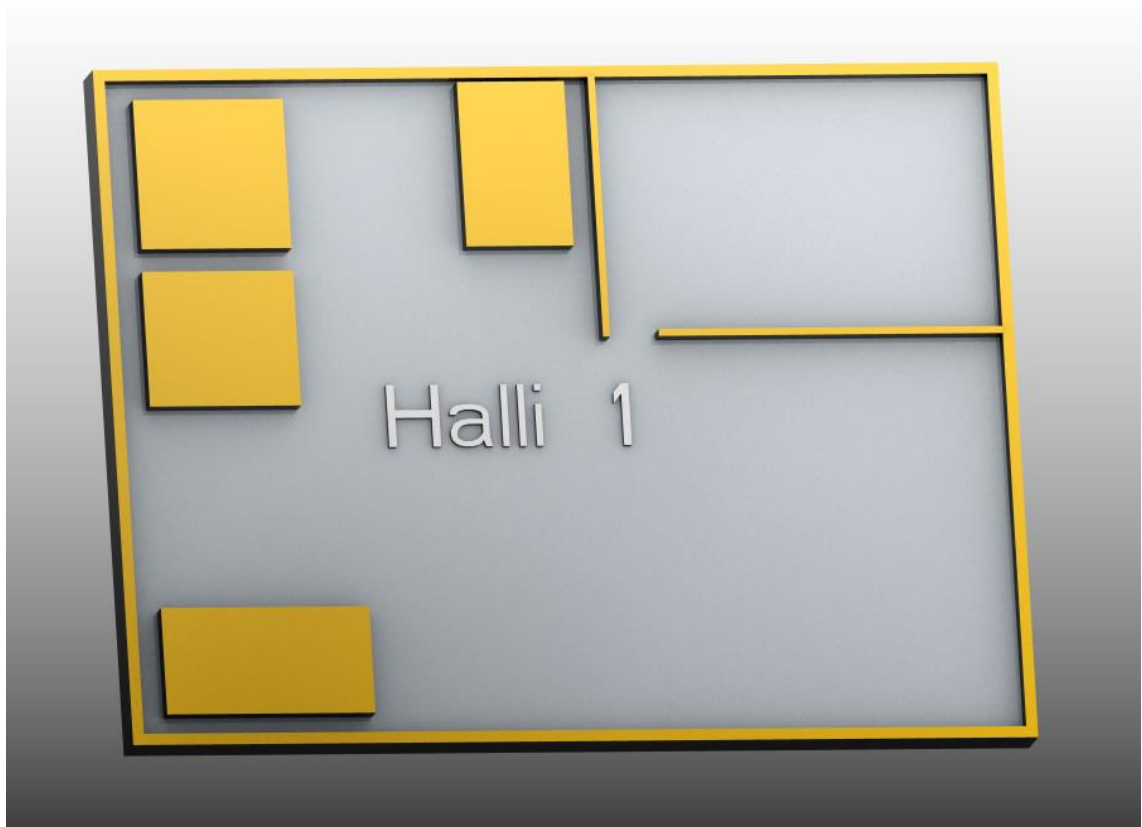
6.5 Ohjeistus uuden kalibrointijärjestelmän ylläpitämiseksi

Uudistetun kalibrointijärjestelmän toiminnan kannalta ohjeiden noudattaminen on erittäin tärkeää. Jos jokin ohjeeseen laadituista kohdista jää noudattamatta, siirtyy vastuu kalibrointijärjestelmän toimivuudesta ohjeen laiminlyöjälle. Kalibrointia suorittavan henkilön on hyvä olla tietoinen kalibroinnin vaikutuksista yritykseen ja sen toimintaan.

6.51 Mittalaitteiden sijainti

Uuden kalibrointijärjestelmän mukaisesti mittalaitteet tulee sijoittaa niille merkityille osastoille, työpisteille tai kaappeihin. Työpisteille laitetaan kuva, joka on otettu tilanteesta, kun siihen kuuluvat mittalaitteet on sijoitettu oikein. Kuvaan lisätään mittalaitteiden nimet ja numerot. Mikäli osastolla on mittalaitteita sijoitettuna kaappeihin, myös kaapin oveen liitetään kuva, jossa mittalaitteet näkyvät oikein sijoitettuna ja nimettynä omille paikoilleen. Henkilökohtaisista mitoista vastuu mittalaitteen sijainnista on mittalaitetaulukoon merkityllä mittalaitteen käyttäjällä. Mittalaitteet ovat kiinteästi työpiste kohtaisia. Mikäli työntekijä saa komennuksen toiselle työpisteelle, työntekijä voi ottaa mittalaitteen mukaan tarvittaessa. Mittalaitteet tulee kuitenkin palauttaa työpisteelle

käytön jälkeen, mikä tarkoittaa, että mittalaitteet eivät ole työpäivän päätyttyä työhaalarin taskussa tai väärällä työpisteellä. Työntekijöitä on informoitava tästä hyvin. Työntekijän velvollisuus on tarkistaa päivän päätteeksi, että omalta työpisteeltä löytyy siihen merkityt mittalaitteet. Seuraavissa kuvissa havainnollistetaan mittavälineiden nopeampaa löytämistä.



Kuva 9.

Lähtötilanteessa mittalaitetta etsiessä täytyi käydä koko osasto, tässä tapauksessa (kuva 9.) koko halli läpi.



Kuva 10.

Uudessa järjestelmässä mittalaitteet on merkattu tarkasti työpisteelle (kuva 10.), joten mittalaitteen löytäminen on nopeampaa.

6.52 Mittalaitteen katoaminen tai rikkoontuminen

Mittalaitteen kadotessa työntekijän tulee tehdä ilmoitus laatuosastolle. Ilmoituksessa täytyy mainita kadonneen mittalaitteen numero, osasto sekä työpiste, jolta mittalaite on kadonnut. Jos työntekijä havaitsee tai epäilee mittalaitteen särkyneen joko ulkoisesti tai näyttävän vääriä mittaustuloksia, täytyy siitä myös ilmoittaa laatuosastolle, sekä tuoda mittalaite kalibrointitarkastukseen. Mikäli mittalaite on kadonnut, täytyy pyrkiä selvittämään, miten ja miksi mittalaite on kadonnut. Jos mittalaitetta ei etsinnästä huolimatta löydy, merkitään mittalaite kadonneisiin mittavälineisiin. Jos työpisteelle kuulumattomia mittalaitteita löytyy, toimitetaan ne myös laatuosastolle.

6.53 Käytettävät mittalaitteet

Valmistettavia kappaleita testaaviin mittauksiin saa käyttää vain kalibroinnin piiriin kuuluvia mittalaitteita. Kalibroinnin piiriin kuuluvat mittalaitteet voi tunnistaa tarrasta, jossa on numero väliltä 1-12. Sellainen mittalaite, jossa ei ole tarraa, täytyy kalibroida ennen kuin mittalaitetta saa käyttää valmistettavien tuotteiden mittaukseen.

6.54 Mittalaitteiden kalibrointi

Mittalaitteet tulee kalibroida sille kalibrointiin tarkoitettu tilassa ja on huolehdittava siitä, että kalibrointiympäristön lämpötila olisi noin 20-astetta ja tilassa on hyvä valaistus. Kalibrointia suorittavan henkilön on kalibroitava mittalaitteet ajallaan jäljitettävyyden ja mittauslaitteiden kunnon ylläpitämiseksi. Kalibrointijärjestelmän moitteettoman toiminnan kannalta on tärkeää, että kalibrointiin tarvittava resurssi on aina saatavilla. Mikäli kalibrointia suorittava henkilö havaitsee, että jotakin mittalaitetta ei ole kalibroitu, täytyy kyseinen mittalaite kalibroida välittömästi. Mittalaitteiden kalibrointi on jaksotettu mittavälinetaulukoon tasaisesti, joten mittavälineitä kalibroidaan keskimäärin 8 kappaletta kuukaudessa. Mittavälinetaulukosta eli Excel-tilukosta löytyy mittalaite kohtaisten tietojen lisäksi pohjapiirros osastosta, josta näkee mittalaitteen tarkan sijainnin osastolla. Esimerkiksi katsotaan mittataulukosta, että mittaväline sijaitsee muottihuollossa työpisteellä numero yksi. Seuraavaksi avataan muottihuollon pohjapiirros, josta näkee suoraan työpisteen numero 1 tarkan sijainnin. Kalibroinnin jälkeen mittaustulosten huolellinen kirjaaminen mittalaite kohtaiseen korttiin on välttämätöntä. Kalibroijan tulee perehtyä mittalaitekortissa kysyttyihin arvoihin ja olla näin tietoinen mitä arvoja kalibroinnista kysytään. Pilkkuvirheet ja yksikkövirheet voivat näyttää mittalaitteen olevan joko paljon parempi tai paljon huonompi, kuin se todellisuudessa on, joten huolellisuus on kaikkein tärkein osa kalibrointia.

7 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin mittalaitetekalibrointijärjestelmän nykyiseen tilaan ja sen kehittämiseen. Työ keskittyi käsimittalaitteisiin, joiden käyttö yrityksessä on päivittäistä. Työssä ei otettu huomioon erikoismittalaitteita joiden kalibroinnin suorittaa ulkoinen yritys. Työntarkoituksena oli kehittää kalibrointijärjestelmä kustannustehokkaaksi ja pienellä resurssilla toimivaksi järjestelmäksi. Työhön kuului myös ohjeistus uuden kalibrointijärjestelmän käyttöön ottamisesta ja ylläpidosta.

Järjestelmän kehittämisessä otettiin huomioon mittalaitteiden etsimiseen, kalibrointiin ja dokumentointiin kuluva aikaa. Opinnäytetyössä pohdittiin myös ulkoisen kalibroinnin vaihtoehtoa, joka työssä katsottiin kuitenkin kannattamattomaksi. FMEA-analyyysilla, sekä muilla menetelmillä saatiin selville eniten aikaa vievät ja järjestelmää kuormittavat tekijät, jotka vaikuttivat kalibrointiaikaan merkittävästi. Merkittävin aikaa vievä osa-alue oli mittalaitteiden etsiminen, jonka kehittämiseen työssä keskityttiin eniten.

Opinnäytetyön ohjeiden mukaisesti uudessa kalibrointijärjestelmässä mittalaitteet sijoitetaan pisteille kiinteästi, jotta niiden löytyminen helpottuisi. Näin mittalaitteiden etsimistä nopeutetaan huomattavasti. Entisistä henkilökohtaisista mitoista luovutaan yrityksessä muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta kokonaan. Opinnäytetyössä tehtiin täydellinen kartoitus mittalaitteista, jonka pohjalta uuden kalibrointijärjestelmä luominen on helpompaa.

Haasteita uuden kalibrointijärjestelmän luomisessa voi olla tiedon vieminen yrityksen lattiatasolle siitä, kuinka uuden järjestelmänä toimiseksi tulee työskennellä. Opinnäytetyössä on kirjoitettu ohjeistus siitä, kuinka työntekijöitä tulee opastaa toimivan järjestelmän ylläpitämiseksi.

Opinnäytetyössä ei toteuteta uutta kalibrointijärjestelmää yritykseen, vaan tämä jää yrityksen omalle vastuulle. Teimme opinnäytetyön alussa ja lopussa mittaukset, kuinka paljon aikaa kului kalibrointiin. Uudella järjestelmällä mittalaitteiden etsimiseen kului

noin 74% vähemmän aikaa, kuin nykyisellä järjestelmällä. Tekemiemme testien perusteella kalibrointiin kuluva ajasta vanhalla järjestelmällä kului noin puolet ajasta mittalaitteiden etsimiseen, joten kalibroinnin kokonaisaika näillä toimenpiteillä vähenisi noin 40%. Tämä tarkoittaa, että kalibrointitapahtumaan kuluva aika lyhenisi lähes puolella nykyisestä.

	Laitteen etsiminen	Kalibrointi	Dokumentointi	Kokonaisaika
Ennen	15min	12min	8min	35min
Jälkeen	4min	12min	5min	21min

Taulukko 5.

Taulukossa 5. on esitetty vipumittakellon kalibroimiseen kuluva aika. Ajat on esitetty mitattuina keskiarvoina tehdyn tutkimustyön perusteella. Esimerkiksi ennen tutkimustyötä vipumittakellon etsimiseen saattoi kulua kymmenestä minuutista 30 minuuttiin. Prosentuaalisesti isoin ero näkyy mittalaitteiden etsimiseen kuluva ajassa. Laboratoriossa suoritettavat kalibrointiajat eivät muuttuneet, sillä toimintapa pysyi täysin samana, eikä siihen tarvinnut puuttua. Dokumentointiin kuluva aika muuttui hieman lyhyemmäksi selkeämmän taulukon rakenteen myötä.

8 Pohdinta

Mielestämme kehitystyö yrityksessä onnistui hyvin ja tämän työn avulla mittalaitteiden kalibrointijärjestelmää saadaan kehitettyä yrityksessä parempaan suuntaan. Tärkeimmät osa-alueet uuden järjestelmän tultua käyttöön on sen huolellinen ylläpito ja ohjeiden tarkka noudattaminen. Työ osoittautui yllättävän laajaksi ja työhön täytyi paneutua perusteellisesti löytääkseen järjestelmän kehitystä tarvitsevat kohteet.

Työskentely tehtaalla oli mieleistä työntekijöiden ollessa hyvin avuliaita opinnäytetyön edistämiseksi. Myös haastattelut ja muut työntekijöiden kanssa kädyt keskustelut antoivat hyviä näkökulmia järjestelmän tämän hetkisestä tilasta, sekä siitä mihin sitä voisi viedä.

Kalibrointijärjestelmästä löytyi joitakin puutteita, jotka eivät niinkään vaikuttaneet kalibrointijärjestelmän laatuun, vaan sen nopeuteen. Näitä puutteita korjaamalla järjestelmä voisi teoreettisesti laskettuna olla lähes puolet tehokkaampi. Varsinaista uutta kalibrointijärjestelmää ei tuotu yritykseen opinnäytetyön puitteissa.

Parannettavaa olisi kalibrointiin liittyvän dokumentoinnin ohjeistamisessa, sekä ohjeiden noudattamisessa. Työntekijöitä tulisi ohjeistaa paremmin tehtaan siistinä pitämisessä, mikä vaikuttaa moneen muuhunkin asiaan työympäristössä, kuin pelkän kalibroinnin suorittamiseen. Rikkoutuneet tai vioittuneet mittalaitteet pitäisi viedä kalibroitaviksi tai huollettavaksi välittömästi.

9 **Lähteet**

- 1 Esala, Lehto & Tikka. 2003. Konepajatekniset mittaukset ja kalibroinnit. tekninen tiedotus 3/2003. Helsinki: Teknologiateollisuus ry.
- 2 Mittauslaitteiden kalibroitijärjestelmät, Heikki lehto, Metalliteollisuuden Kustannus 1982.
- 3 AEL-Konepajantuotantotekniikka, 1998.
- 4 Suomen Standardisoimisliitto SFS, SFS-EN ISO 9001, Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. 2015.
- 5 <http://www.teklab.fi/suomi/ratkaisut/ratkaisut-oppilaitoksille/esimerkkilaboratoriot/kalibrointilaboratorio.aspx> 20.12.2017
- 6 https://shop.mitutoyo.co.uk/web/mitutoyo/en_GB/mitutoyo/1480603020766/Calibration%20Tester%20i-Checker%202000/index.xhtml?jsessionid=4F9AECED1580BB2B531E80E34E950E82 20.12.2017
- 7 <http://www.netkonttori.fi/tuote/14846633/14813177/513-415-10e-vipumittakello-1-0-0-01/11856545/1> 20.12.2017
- 8 <https://blog.beamex.com/metrological-traceability-in-calibration-are-you-traceable> 20.12.2017